

PENERAPAN METODE *ECONOMIC ORDER QUANTITY* (EOQ) DENGAN *BACKORDER* UNTUK OPTIMALISASI PERSEDIAAN BAHAN BAKU PAKAN TERNAK

Intan Ayu Dwi Bintari

Jurusan Matematika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya
e-mail : intanbintari@mhs.unesa.ac.id

Atik Wintarti

Jurusan Matematika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya
e-mail : atikwintarti@unesa.ac.id

Abstrak

Pada berbagai perusahaan, persediaan bahan baku memiliki peranan sangat penting dalam proses produksi. Jika tidak ada persediaan bahan baku maka proses produksi tidak dapat berjalan dan menimbulkan berbagai masalah. Salah satunya adalah pada suatu waktu tertentu perusahaan tidak dapat memenuhi permintaan pelanggan. Untuk itu perlu dilakukan upaya pengendalian persediaan bahan baku. Paper ini membahas tentang penerapan metode *Economic Order Quantity* (EOQ) dengan *Backorder* pada persediaan bahan baku utama perusahaan pakan ternak. Hasil yang diperoleh adalah jumlah pemesanan optimal, jumlah *backorder* optimal dan jumlah *on hand inventory* optimal. Dengan total biaya persediaan sebesar Rp. 234.719.878, sedangkan total biaya persediaan jika menggunakan metode perusahaan sebesar Rp. 337.303.500. Sehingga diperoleh selisih sebesar Rp. 102.583.622. Dengan demikian jika metode EOQ *backorder* diterapkan di perusahaan tersebut akan meminimumkan total biaya persediaan yang dikeluarkan.

Kata kunci: Persediaan, *Economic Order Quantity*, EOQ, *Backorder*

Abstract

In various companies, raw material inventories have a very important role in the production process. If there is no supply of raw materials, the production process cannot run and cause various problems. One of them is at a certain time the company cannot fulfill customer demand. For this reason, efforts must be made to control raw material inventories. This paper discusses the application of the *Economic Order Quantity* (EOQ) method with *Backorder* on the main raw material inventory of animal feed companies. The results obtained are the optimal number of orders, optimal number of *backorder* and optimal amount on hand inventory. With a total inventory cost of Rp. 234,719,878, while the total cost of inventory if using the company method is Rp. 337,303,500. So that the difference is Rp. 102,583,622. Thus, if the EOQ *backorder* method is applied in the company, it will minimize the total cost of inventory that paid.

Keywords : Inventory; *Economic Order Quantity*; EOQ; *Backorder*

1. PENDAHULUAN

Masalah persediaan merupakan hal yang harus segera diselesaikan oleh perusahaan. Upaya yang dapat dilakukan adalah dengan suatu sistem pengendalian persediaan. Sistem pengendalian persediaan adalah suatu sistem dalam upaya memperkirakan jumlah persediaan bahan baku dengan jumlah yang tepat sesuai dengan kebutuhan (Ristono, 2013).

Perusahaan yang bergerak dalam bidang usaha produksi pakan ternak di Magetan dalam proses produksi pakan ternak terdapat 19 bahan baku yang harus tersedia dalam sekali produksi. Namun terdapat 7 bahan baku utama yang jumlahnya sangat mempengaruhi proses produksi. Untuk itu upaya yang dapat dilakukan adalah melakukan pemesanan ulang untuk ketujuh bahan baku utama tersebut. sehingga proses produksi dapat berjalan dan dapat memenuhi permintaan pelanggan yang

tertunda. Meskipun dalam keadaan ini perusahaan harus menanggung biaya akibat kehabisan persediaan. Jadi, perusahaan perlu melakukan pengendalian persediaan terhadap ketujuh bahan baku utama tersebut agar biaya yang dikeluarkan untuk pembelian bahan baku tetap ekonomis dan jumlahnya selalu dapat memenuhi setiap proses produksi, sehingga dapat memenuhi permintaan pelanggan. Ketujuh bahan baku tersebut adalah pollard, katul, gaplek, katul kacang ijo, sawit, kopra pelet, dan kopra CIF.

Dalam upaya pengendalian persediaan terhadap bahan baku utama pakan ternak diperlukan metode yang dapat mengoptimalkan jumlah persediaan dan meminimumkan total biaya persediaan. Metode yang dapat digunakan untuk mengoptimalkan persediaan bahan baku adalah metode *Economic Order Quantity* (EOQ) dasar. Namun berdasarkan permasalahan di

perusahaan digunakan metode EOQ dengan *backorder*. Alasan dipilihnya metode ini adalah karena metode ini dapat mengoptimalkan jumlah pemesanan dan jumlah *backorder* yang dapat menentukan jumlah persediaan maksimal yang harus disediakan diawal siklus pemesanan. Sehingga dapat meminimumkan total biaya persediaan dan memenuhi semua permintaan pelanggan tanpa mengurangi keuntungan yang ingin dicapai (Nasution & Prasetyawan, 2008)

2. KAJIAN TEORI

A. Teori Persediaan

1. Definisi Persediaan

Persediaan merupakan bahan-bahan bagian yang disediakan dalam proses produksi, serta barang-barang jadi yang disediakan untuk memenuhi permintaan pelanggan. (Rangkuti, 2007).

2. Model Persediaan

Secara umum model persediaan dikelompok dalam dua kelompok yaitu (Ishak, 2010) :

1) Model Deterministik

Model deterministik adalah suatu model dengan semua parameter yang berpengaruh terhadap persediaan diketahui dengan pasti. Model yang dapat digunakan adalah model Wilson atau EOQ deterministik.

2) Model Probabilistik

Model probabilistik adalah suatu model dengan semua parameter yang berpengaruh terhadap persediaan tidak pasti, bervariasi dan sifatnya hanya estimasi atau perkiraan. Model yang dapat digunakan adalah model EOQ probabilistik.

B. Distribusi Uniform (Seragam)

Peluang atau probabilitas adalah suatu ukuran ketidakpastian/ kemungkinan suatu peristiwa terjadi. Untuk itu perlu adanya model matematis yang dinyatakan dengan sebaran atau distribusi. Distribusi peluang adalah suatu model sebaran data yang dapat berupa data diskrit ataupun kontinu. Distribusi peluang diskrit dapat didefinisikan sebagai suatu ruang sampel mengandung titik yang berhingga banyaknya, maka ruang sampel itu disebut ruang sampel diskrit sedangkan peubah acak yang didefinisikan pada ruang sampel tersebut adalah variabel acak diskrit (Sudjana, 2005).

Salah satu distribusi peluang diskrit adalah distribusi seragam (uniform) diskrit. Distribusi seragam adalah distribusi paling sederhana. Pada distribusi ini mengasumsikan bahwa semua nilai memiliki kemungkinan yang sama (Kern, 2011). Bila peubah acak X dengan nilai x_1, x_2, \dots, x_m dengan peluang yang sama, maka distribusi seragam diberikan oleh :

$$f(x,m) = \frac{1}{m}, \quad x=1,2,3,\dots,m \quad (1)$$

Dari rumus (1) dapat diketahui rata-rata distribusi seragam diskrit adalah sebagai berikut :

$$\mu = \sum_{x=1}^m x f(x,m) = \sum_{x=1}^m x \cdot \frac{1}{m} \quad (2)$$

Dan untuk varians distribusi seragam adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \sigma^2 &= \sum_{x=1}^m x^2 f(x,m) - \mu^2 \\ &= \sum_{x=1}^m (x-\mu)^2 f(x,m) \end{aligned} \quad (3)$$

Dimana :

$f(x,m)$ = peluang terjadinya x

m = banyaknya data

x = nilai variabel

μ = rata-rata distribusi seragam

σ^2 = varians distribusi seragam

C. Pengendalian Persediaan

Pengendalian persediaan adalah suatu upaya untuk mengendalikan tingkat persediaan bahan baku dengan menentukan jumlah dan waktu pemesanan yang sesuai kebutuhan. Terdapat dua jenis dasar pengendalian persediaan yaitu **sistem kontinu** (*continuous system*) atau **kuantitas pesanan tetap** (*fixed-order quantity*) dan **sistem periodik** (*periodic system*) atau **periode waktu tetap**. (Taylor III, 2005).

Pengendalian persediaan harus memenuhi dua kebutuhan yang bertentangan yaitu (Ursy & Hammer, 1999) :

1. Menjaga persediaan dalam jumlah dan keragaman yang cukup untuk operasi yang efisien.
2. Menjaga persediaan yang menguntungkan bagi perusahaan.

D. Model EOQ backorder

1. Pengertian Model EOQ backorder

Model EOQ *backorder* adalah suatu kasus khusus dari model EOQ dasar yaitu adanya *backorder* atau pemesanan ulang akibat kekurangan persediaan. Pengertian dari *backorder* sendiri adalah suatu keadaan dimana permintaan tidak dapat dipenuhi sekarang, namun dapat dipenuhi pada periode yang akan datang. Pada situasi seperti ini perusahaan tidak akan kehilangan pelanggan yang tidak dipenuhi, tetapi perusahaan bisa membuat pilihan untuk membatalkan permintaan atau memberikan barang dikemudian hari tentunya dengan biaya tambahan (Yamit, 2008).

Asumsi-asumsi yang digunakan dalam model ini adalah sebagai berikut (Taylor III, 2005) :

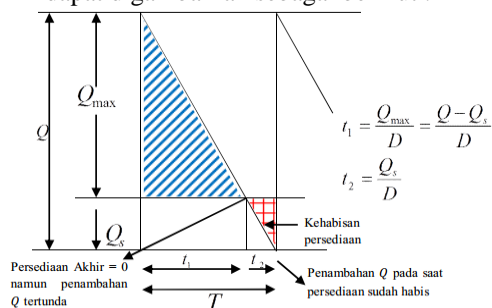
- 1) Permintaan diketahui pasti dan relatif konstan sepanjang waktu
- 2) Waktu tunggu (*lead time*) sampai pesanan diterima konstan
- 3) Jumlah yang dipesan diterima sekaligus pada satu waktu.
- 4) Kekurangan diperkenankan, sehingga ada *backorder*

PENERAPAN METODE *ECONOMIC ORDER QUANTITY* (EOQ) DENGAN *BACKORDER* UNTUK OPTIMALISASI PERSEDIAAN BAHAN BAKU PAKAN TERNAK

2. Model Matematika EOQ backorder

Berdasarkan asumsi yang digunakan pada model ini, tujuan dari model EOQ *backorder* adalah untuk menentukan jumlah pemesanan (Q) optimal yang meminimumkan total biaya persediaan (TIC) sehingga dapat ditentukan jumlah *on hand inventory* pada awal siklus pemesanan produksi.

Model persediaan dengan *backorder* dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 1. Model EOQ dengan backorder
(Sumber: Olyan, Aritonang, & Martha, 2018)

Dari Gambar 1. dapat diketahui bahwa Q adalah jumlah setiap pemesanan. Q_s adalah jumlah *backorder* dan Q_{max} adalah *On Hand inventory* (persediaan ditangan) yaitu persediaan maksimal yang harus disediakan pada awal siklus pemesanan (produksi). Dalam satu siklus terdapat dua waktu yang digambarkan oleh dua segitiga. Interval waktu t_1 (segitiga biru) merupakan waktu dimana kondisi persediaan dapat memenuhi proses produksi, dan interval waktu t_2 (segitiga merah) merupakan waktu dimana kondisi persediaan tidak dapat memenuhi proses produksi. (Ristono, 2013).

Dari model ini dipakai asumsi bahwa perusahaan mengeluarkan biaya tambahan untuk kehabisan persediaan (*shortage cost*) sebesar “P”. Berdasarkan asumsi tersebut, maka total biaya persediaan (TIC) model *backorder* adalah sebagai berikut :

TIC = biaya pemesanan + biaya penyimpanan + biaya kehabisan stok (4)

3. Biaya Persediaan Model EOQ backorder

1) Biaya pemesanan

Pada komponen biaya pemesanan (*ordering cost*) untuk model EOQ *backorder* sama dengan biaya pemesanan untuk model EOQ dasar, yaitu

$$TS = \frac{D \cdot S}{Q} \quad (5)$$

2) Biaya penyimpanan

Pada komponen biaya penyimpanan (*holding cost*) berbeda dengan model EOQ dasar. Karena hanya sebagian dari seluruh kebutuhan (Q) yang mengalami penyimpanan. Sehingga perhitungan biaya penyimpanan hanya pada tahap I dari setiap siklus persediaan, yaitu :

Biaya penyimpanan per-siklus

$$\begin{aligned} &= H \times \text{luas segitiga biru} \\ &= H \times \left\{ \frac{1}{2} \times \frac{Q_{max}}{D} \times Q_{max} \right\} \\ &= \frac{H Q_{max}^2}{2D} \end{aligned} \quad (6)$$

maka dari persamaan (6) diperoleh :

Biaya penyimpanan per periode

$$\begin{aligned} &= \frac{H Q_{max}^2}{2D} \times \frac{D}{Q} \\ &= \frac{H Q_{max}^2}{2Q} \end{aligned} \quad (7)$$

3) Biaya kehabisan persediaan

Pada komponen biaya kehabisan persediaan (*shortage cost*) bergantung pada beban biaya kehabisan persediaan. Berdasarkan Gambar.1 perhitungan biaya kehabisan persediaan hanya pada tahap II dari siklus persediaan. Sehingga diperoleh :

Shortage cost per-siklus

$$\begin{aligned} &= P \times \text{luas segitiga merah} \\ &= P \times \left\{ \frac{1}{2} \times \frac{(Q - Q_{max})}{D} \times (Q - Q_{max}) \right\} \\ &= P \left\{ \frac{(Q - Q_{max})^2}{2D} \right\} \end{aligned} \quad (8)$$

maka dari persamaan (8) diperoleh :

Shortage cost per-periode

$$\begin{aligned} &= P \left\{ \frac{(Q - Q_{max})^2}{2D} \right\} \times \frac{D}{Q} \\ &= P \frac{(Q - Q_{max})^2}{2Q} \end{aligned} \quad (9)$$

4) Biaya pembelian

Pada komponen biaya pembelian (*purchasing cost*) di model ini sama dengan model EOQ dasar yaitu bergantung pada jumlah permintaan dalam satu periode (D) dengan harga barang per unit (C) sehingga :

$$\text{Biaya Pembelian} = DC \quad (10)$$

5) Total biaya persediaan

Berdasarkan tujuan dari model EOQ *backorder*, biaya-biaya yang memenuhi untuk model ini sama halnya dengan model EOQ dasar. Namun bedanya ada biaya baru yang dikeluarkan akibat adanya kekurangan persediaan. Karena untuk komponen biaya pembelian diasumsikan konstan, sama halnya dengan model EOQ dasar, maka komponen itu dapat diabaikan. Sehingga model total biaya persediaan berdasarkan persamaan adalah sebagai berikut :

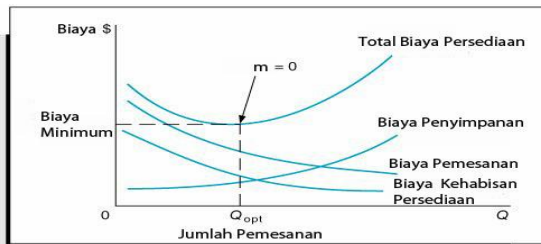
$$TIC = \frac{D \cdot S}{Q} + \frac{H Q_{max}^2}{2Q} + P \frac{(Q - Q_{max})^2}{2Q} \quad (11)$$

4. Solusi Optimum EOQ backorder

Berdasarkan model total biaya persediaan yang telah diperoleh. berikut adalah grafik hubungan secara umum antara biaya

pemesanan, biaya penyimpanan, biaya kehabisan stok dan total biaya persediaan.

Dari Gambar 2. dapat dilihat bahwa secara analitik hubungan ketiga biaya pada model ini juga sama dengan model EOQ dasar, namun pada model ini ditemukan dua nilai gradien bidang (m) yang melewati satu titik kritis.



Gambar 2. Kurva Hubungan Biaya dalam Model EOQ dengan backorder

(Sumber: "EOQ Model," 2019)

Hal ini dikarenakan terdapat dua variabel keputusan, sehingga dilakukan penurunan parsial fungsi total biaya persediaan terhadap dua variabel tersebut. Dua variabel itu adalah Q (jumlah pemesanan) dan Q_s (jumlah *backorder*) (Chung & Cárdenas-barrón, 2012). Fungsi persediaan model ini adalah sebagai berikut:

$$TIC(Q_s, Q) = \frac{D.S}{Q} + \frac{HQ_{max}^2}{2Q} + P \frac{(Q-Q_{max})^2}{2Q} \quad (12)$$

$$= \frac{D.S}{Q} + \frac{H(Q-Q_s)^2}{2Q} + \frac{PQ_s^2}{2Q}$$

Sehingga untuk mencari nilai gradien garis (m) yang melewati titik kritis, fungsi persediaan akan diturunkan terhadap variabel keputusan Q_s terlebih dahulu dan didapatkan :

$$\frac{\partial(TIC(Q_s, Q))}{\partial Q_s} = \frac{\partial(\frac{D.S}{Q})}{\partial Q_s} + \frac{\partial(\frac{H(Q-Q_s)^2}{2Q})}{\partial Q_s} + \frac{\partial(P \frac{Q_s^2}{2Q})}{\partial Q_s} \quad (13)$$

$$= \frac{Q_s(H+P)}{Q} - H$$

Karena syarat titik kritis nilai gradient $m=0$, maka dari persamaan (13) diperoleh:

$$Q_s = \frac{HQ}{H+P} \quad (14)$$

Kemudian fungsi persediaan akan diturunkan terhadap Q dan didapatkan nilai gradien garis (m) yang melewati titik kritis adalah sebagai berikut:

$$\frac{\partial(TIC(Q_s, Q))}{\partial Q} = \frac{\partial(\frac{D.S}{Q})}{\partial Q} + \frac{\partial(\frac{H(Q-Q_s)^2}{2Q})}{\partial Q} + \frac{\partial(P \frac{Q_s^2}{2Q})}{\partial Q} \quad (15)$$

$$= \frac{-2DS + H(Q-Q_s)^2 - P.Q_s^2}{2Q^2}$$

Karena syarat titik kritis nilai gradient $m=0$, maka dari persamaan (15) diperoleh:

$$HQ^2 = 2D.S + Q_s^2(H+P) \quad (16)$$

Substitusikan persamaan (13) ke persamaan (16) dan didapatkan :

$$Q = \sqrt{\frac{2DS}{H}} \sqrt{\frac{H+P}{P}} \quad (17)$$

Berdasarkan model fungsi persediaan didapatkan titik kritis atau disebut titik optimal. Dari persamaan (14) didapatkan model untuk menghitung jumlah *backorder* optimal adalah sebagai berikut :

$$Q_s^* = \frac{HQ^*}{H+P} = \sqrt{\frac{2DSH}{P(H+P)}} \quad (18)$$

Sedangkan dari persamaan (17) didapatkan model untuk menghitung jumlah pemesanan optimal adalah sebagai berikut :

$$Q^* = \sqrt{\frac{2DS}{H}} \sqrt{\frac{H+P}{P}} \quad (19)$$

Berdasarkan Gambar 1. diketahui $Q_{max} = Q - Q_s$ maka Q_{max} optimal diperoleh dari persamaan (19) dikurangi persamaan (18). sehingga didapat :

$$Q_{max} = \sqrt{\frac{2DSP}{H(H+P)}} \quad (20)$$

Dimana

$TIC(Q_s, Q)$ = total biaya persediaan model EOQ *backorder*

Q^* = jumlah pemesanan optimal

Q_s^* = jumlah *backorder* optimal

Q_{max}^* = jumlah persediaan maksimal diawal siklus paling optimal

D = jumlah permintaan

S = biaya pemesanan

H = biaya penyimpanan

P = biaya kekurangan persediaan

5. Titik Pemesanan Ulang (Reorder Point)

Karena *backorder* pada model ini diijinkan, maka titik pemesanan ulang dapat dikalkulasikan dengan sedikit modifikasi yaitu dengan mengurangi rumus ROP dengan jumlah *backorder* yang optimal. Sehingga rumus ROP untuk model ini adalah sebagai berikut:

$$ROP = \text{lead time demand-backorder} = \frac{DL}{T} - Q_s^* \quad (21)$$

Pada Gambar 1. dapat diamati bahwa titik pemesanan kembali pada model ini bisa bernilai negatif jika *lead time demand* < Q_s^* . Hal ini akan mengakibatkan pesanan tidak dapat dipenuhi sampai jumlah *backorder* yang diperoleh dari pemesanan periode selanjutnya datang. Walaupun titik pemesanan ulang dapat bernilai positif atau negatif dibandingkan dengan *backorder*, tetapi suatu saat di suatu periode tertentu akan terjadi suatu keadaan dimana tidak ada ketersediaan stok. Ketika biaya *backorder* terbatas, titik pemesanan ulang akan selalu kurang dari taraf *lead time* permintaan (Ristono, 2013).

Dengan suatu kebijakan *backorder*, waktu terpanjang yang terjadi di mana seorang pelanggan harus menunggu adalah suatu hal penting sebagai bahan informasi. Penundaan

PENERAPAN METODE *ECONOMIC ORDER QUANTITY* (EOQ) DENGAN *BACKORDER* UNTUK OPTIMALISASI PERSEDIAAN BAHAN BAKU PAKAN TERNAK

waktu yang terpanjang dalam satu tahun untuk suatu *backorder* dihitung sebagai berikut :

$$LDT = \frac{Q_s^*}{D} \quad (22)$$

Dimana :

ROP = reorder point

L = lead time (waktu tunggu)

Q_s^* = jumlah backorder optimal

LDT = longest delay time

D = jumlah permintaan dalam satu periode

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengumpulan Data

Dari hasil pengumpulan data yang telah dilakukan di perusahaan, diperoleh data-data pada tahun 2017 dan 2018. Data tersebut terdiri dari data permintaan pakan ternak, data rata-rata pemakaian per-3-bulan, biaya pemesanan per pesanan, biaya penyimpanan per unit, biaya kehabisan persediaan per kilogram dan *lead time* (waktu tunggu) per bahan baku.

1. Data Permintaan Pakan Ternak

Data permintaan pakan ternak yang diperoleh dari perusahaan adalah data permintaan pakan ternak pada tahun 2017 dan 2018 per 3 bulan. Data permintaan yang didapat dalam satuan karung yang dikonversikan ke satuan kilogram. Dimana dalam satu karung berisi 45 kilogram. Data tersebut disajikan dalam Tabel 1. berikut :

Tabel 1. Permintaan Bahan Baku Utama

No.	Periode 3 bulan	Permintaan/sak	Permintaan/kg
1.	I	12.750	573.750
2.	II	13.500	607.500
3.	III	9.000	405.000
4.	IV	14.250	641.250
5.	V	10.500	472.500
6.	VI	9.750	438.750
7.	VII	12.000	540.000
8.	VIII	11.250	506.250

2. Biaya-biaya Persediaan

Data biaya persediaan terdiri dari biaya pemesanan, biaya penyimpanan dan biaya kehabisan persediaan untuk setiap bahan baku utama. Data tersebut disajikan dalam Tabel 2. berikut :

Tabel 2. Biaya Persediaan Bahan Baku Utama

No.	Jenis Bahan Baku	Biaya Pemesanan (Rp)	Biaya Simpan (Rp)	Biaya Kehabisan Persediaan (Rp)
1.	Pollard	3.300.000	2.262	1.710
2.	Katul	3.300.000	2.262	788
3.	Srontol/Gaplek	1.100.000	1.131	1.260
4.	Katul Kacang Ijo	1.100.000	1.131	1.350
5.	Sawit	2.750.000	1.696	810
6.	Kopra Pelet	1.650.000	848	1.395
7.	Kopra CIF	1.650.000	848	1.305

B. Pengolahan Data

1) Uji Distribusi Uniform (Seragam)

Untuk mengetahui sebaran distribusi data permintaan, akan dilakukan uji distribusi uniform (seragam) terhadap data permintaan. Berdasarkan Tabel 3. berikut adalah hasil perhitungan uji distribusi seragam terhadap data permintaan :

Berdasarkan Tabel 3. dapat ditentukan pula ekspektasi rata-rata permintaan pakan ternak per 3 bulan adalah sebagai berikut : Tabel 3. Perhitungan Distribusi Seragam

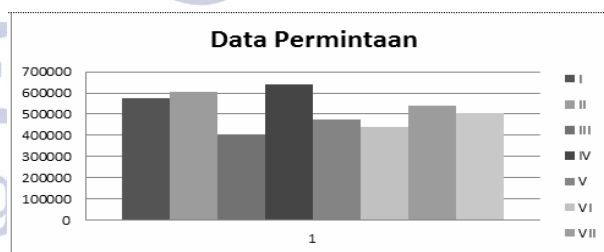
No.	$\sum X$	$f(x, m)$	$xf(x, m)$	$(x - \mu)^2$	$(x - \mu)^2 f(x, m)$
1.	12.750	$\frac{1}{8}$	1.593,75	1.265.625	158.203,13
2.	13.500	$\frac{1}{8}$	1.687,5	3.515.625	439.453,13
3.	9.000	$\frac{1}{8}$	1.125	6.890.625	861.328,13
4.	14.250	$\frac{1}{8}$	1.781,25	6.890.625	861.328,13
5.	10.500	$\frac{1}{8}$	1.312,5	1.265.625	158.203,13
6.	9.750	$\frac{1}{8}$	1.218,75	3.515.625	439.453,13
7.	12.000	$\frac{1}{8}$	1.500	140.625	17.578,13
8.	11.250	$\frac{1}{8}$	1.406,25	140.625	17.578,13
TOTAL			11.625	23.625.000	2.953.125

$$\mu = \sum_{x=1}^m xf(x, m) = 11.625 \text{ unit per 3 bulan} \\ = 523.125 \text{ kg}$$

Sedangkan dengan pendekatan distribusi seragam, maka rata-rata permintaan pakan ternak per 3 bulan adalah sebagai berikut :

$$\sigma^2 = \sum_{x=1}^m x^2 f(x, m) - \mu^2 = \sum_{x=1}^m (x - \mu)^2 \cdot f(x, m) \\ \sigma = \sqrt{\sum_{x=1}^m (x - \mu)^2 \cdot f(x, m)} = \sqrt{2.953.125} \\ = 1.7184,4658856 \text{ unit per 3 bulan} \\ = 77.330,964852 \text{ kg per 3 bulan}$$

Secara grafis dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 3. Grafik Distribusi seragam

Dari hasil uji distribusi seragam dan berdasarkan histogram data permintaan dapat disimpulkan bahwa data permintaan berdistribusi seragam karena memenuhi syarat yaitu untuk masing-masing nilai memiliki peluang yang sama untuk muncul. Sehingga data permintaan dapat digunakan pada penerapan metode EOQ *backorder*.

2) Penentuan Solusi Optimal

Solusi optimal dari jumlah pemesanan bahan baku pollard diperoleh:

$$Q_{pollard}^* = \sqrt{\frac{2DS}{H}} \sqrt{\frac{H+P}{P}}$$

$$Q_{pollard}^* = \sqrt{\frac{2(645.000)(3.300.000)}{2.262}} \sqrt{\frac{2.262+1.710}{1.710}}$$

$$= 66.117 \text{ kg}$$

Untuk solusi optimal dari jumlah pemesanan bahan baku utama lainnya disajikan pada Tabel 4. berikut Tabel 4. Solusi Optimal Jumlah Pemesanan

No.	Jenis Bahan Baku	Jumlah Pemesanan Optimal (kg)
1.	Pollard	66.117
2.	Katul	85.348
3.	Srontol/Gaplek	34.502
4.	Katul Kacang Ijo	33.954
5.	Sawit	69.667
6.	Kopra Pelet	38.903
7.	Kopra CIF	39.407

Dari model EOQ *backorder* tidak hanya jumlah pemesanan yang mendapatkan solusi optimal, tetapi juga jumlah *backorder* setiap bahan baku yang dicari solusi optimalnya. Berdasarkan data yang telah dikumpulkan solusi optimal jumlah *backorder* untuk setiap bahan baku menggunakan model EOQ *backorder* adalah sebagai berikut : Solusi optimal dari jumlah *backorder* bahan baku pollard diperoleh :

$$Q_{pollard}^* = \sqrt{\frac{2DSH}{P(H+P)}}$$

$$Q_{pollard}^* = \sqrt{\frac{2(645.000)(3.300.000)(2.262)}{1.710(2.262+1.710)}}$$

$$= 37.653 \text{ kg}$$

Untuk solusi optimal dari jumlah *backorder* bahan baku utama lainnya disajikan pada Tabel 5. berikut : Tabel 5. Solusi Optimal Jumlah Backorder

No.	Jenis Bahan Baku	Jumlah <i>backorder</i> Optimal (kg)
1.	Pollard	37.653
2.	Katul	63.297
3.	Srontol/Gaplek	16.320
4.	Katul Kacang Ijo	15.478
5.	Sawit	47.149
6.	Kopra Pelet	14.708
7.	Kopra CIF	15.521

Solusi optimal dari jumlah persediaan di awal siklus (*on hand inventory*) bahan baku pollard diperoleh :

$$Q_{max pollard}^* = \sqrt{\frac{2DSP}{H(H+P)}}$$

$$Q_{max pollard}^* = \sqrt{\frac{2(645.000)(3.300.000)(1.710)}{2.262(2.262+1.710)}}$$

$$= 28.464 \text{ kg}$$

Untuk solusi optimal dari jumlah persediaan di awal siklus bahan baku utama lainnya disajikan pada Tabel 6. berikut :

Tabel 6. Solusi Optimal Jumlah *On Hand Inventory*

No.	Jenis Bahan Baku	Jumlah <i>On Hand Inventory</i> Optimal (kg)
1.	Pollard	28.464
2.	Katul	22.051
3.	Srontol/Gaplek	18.182
4.	Katul Kacang Ijo	18.476
5.	Sawit	22.518
6.	Kopra Pelet	24.195
7.	Kopra CIF	23.886

Pada metode EOQ *backorder* dalam periode terdiri dari beberapa siklus pemesanan ulang/ frekuensi pemesanan. Berikut adalah siklus pemesanan untuk setiap bahan baku utama : Siklus pemesanan untuk bahan baku pollard adalah sebagai berikut :

$$n = \frac{D}{Q}$$

$$n = \frac{645.000}{66.117}$$

$$\approx 10 \text{ kali pesanan per 3 periode}$$

Untuk siklus pemesanan bahan baku utama lainnya disajikan pada Tabel 7. berikut :

Tabel 7. Siklus/ Frekuensi Pemesanan per periode

No.	Jenis Bahan Baku	Siklus/ Frekuensi
1.	Pollard	10
2.	Katul	8
3.	Srontol/Gaplek	9
4.	Katul Kacang Ijo	10
5.	Sawit	7
6.	Kopra Pelet	6
7.	Kopra CIF	6

3) Penentuan *Reorder Point* (ROP)

Titik pemesanan ulang untuk bahan baku pollard harus dilakukan pada saat jumlah persediaan sebanyak :

$$ROP = \frac{DL}{T} - Q_s^*$$

$$ROP_{pollard} = \frac{(645.000)(0,154)}{10} - 37.653$$

$$= 9.933 - 37.653$$

$$= -27.720 \text{ kg}$$

Untuk titik pemesanan ulang bahan baku utama lainnya disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. *Reorder Point* Bahan Baku Utama

No.	Jenis Bahan Baku	ROP Bahan Baku (kg)
1.	Pollard	-27.720
2.	Katul	-53.364
3.	Srontol/Gaplek	-11.354
4.	Katul Kacang Ijo	-10.512
5.	Sawit	-39.699
6.	Kopra Pelet	-10.983
7.	Kopra CIF	-17.195

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 8. dapat dilihat bahwa hasil perhitungan bernilai negatif yang bermakna bahwa tanda negatif menyatakan jumlah pemesanan yang dilakukan tersebut tidak akan terjadi kehabisan persediaan.

Dengan kebijakan *backorder*, maka akan ditentukan waktu terlalu seorang pelanggan untuk menunggu. Waktu terlalu seorang pelanggan menunggu pesanan untuk bahan baku pollard adalah sebagai berikut :

$$LDT = \frac{Q_s^*}{D}$$

$$LDT = \frac{37.653}{645.000}$$

$$= 0,0583767442 \text{ tahun}$$

$$\approx 1 \text{ bulan}$$

PENERAPAN METODE *ECONOMIC ORDER QUANTITY* (EOQ) DENGAN *BACKORDER* UNTUK OPTIMALISASI PERSEDIAAN BAHAN BAKU PAKAN TERNAK

Untuk waktu terlama menunggu pesanan bahan baku utama lainnya sama yaitu 1 bulan. Hasil perhitungan di konversikan dari 3 periode ke dalam satuan per-3 bulan. Dengan mengalikan hasil perhitungan dengan 12 bulan.

4) Penentuan Total Biaya Persediaan

1) Total Biaya Persediaan Menggunakan Metode EOQ *backorder*

Dari data yang telah dikumpulkan dan total biaya persediaan dalam satu periode untuk setiap bahan baku menggunakan model EOQ *backorder* adalah sebagai berikut :

Total biaya persediaan untuk bahan baku pollard sebesar :

$$TIC = \frac{D \cdot S}{Q} + \frac{H(Q - Q_s)^2}{2Q} + \frac{PQ_s^2}{2Q}$$

$$TIC_{pollard} = \frac{(645.000)(3.300.000)}{66.117} + \frac{2.262(28.464)^2}{2(66.117)} + \frac{1.710(37.653)^2}{2(66.117)}$$

$$= 32.192.930,714 + 13.859.300,936 + 18.333.785,562$$

$$= \text{Rp. } 64.386.017,-$$

Untuk total biaya persediaan bahan baku utama lainnya disajikan pada Tabel 9. berikut :

Tabel 9. TIC Metode EOQ

No.	Jenis Bahan Baku	TIC (Rp)
1.	Pollard	64.386.017
2.	Katul	49.878.262
3.	Srontol/Gaplek	20.563.782
4.	Katul Kacang Ijo	20.895.896
5.	Sawit	38.223.557
6.	Kopra Pelet	20.517.425
7.	Kopra CIF	20.254.939
Total		234.719.878

2) Total Biaya Persediaan Dengan Metode Perusahaan

Metode yang digunakan perusahaan untuk menghitung total biaya persediaan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$TIC = \text{biaya pemesanan} + \text{penyimpanan} + \text{kehabisan}$$

$$= (b \times S) + (d \times H) + (d \times P)$$

Dimana :

b = Jumlah bulan dalam periode

S = Biaya pemesanan per pesanan

d = Rata-rata permintaan per periode dalam kilogram

H = Biaya penyimpanan per unit

P = Biaya kehabisan persediaan per unit

Berikut adalah hasil perhitungan total biaya persediaan untuk setiap bahan baku. Total biaya persediaan untuk bahan baku pollard sebesar:

$$TIC_{poll} = (8 \times 3.300.000) + (11.625 \times 2.262) + (11.625 \times 2.262)$$

$$= 39.600.000 + 26.295.750 + 19.878.750$$

$$= \text{Rp. } 72.574.500,-$$

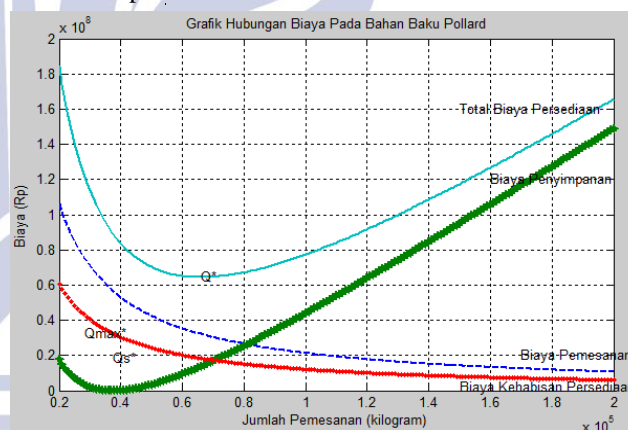
Untuk total biaya persediaan bahan baku utama lainnya disajikan pada Tabel 10. berikut :

Tabel 10. TIC Metode Perusahaan

No.	Jenis Bahan Baku	TIC (Rp)
1.	Pollard	72.574.500
2.	Katul	61.856.250
3.	Srontol/Gaplek	36.595.375
4.	Katul Kacang Ijo	37.641.625
5.	Sawit	51.132.250
6.	Kopra Pelet	39.274.875
7.	Kopra CIF	38.228.625
Total		337.303.500

Berdasarkan Tabel 9. dan Tabel 10. Dapat diketahui bahwa total biaya persediaan yang dikeluarkan selama dua periode yaitu tahun 2017 dan 2018 menggunakan metode perusahaan sebesar Rp. 337.303.500. Sedangkan apabila menggunakan metode EOQ *backorder* diperoleh total biaya persediaan sebesar Rp. 234.719.878. Dari keduanya terdapat selisih sebesar Rp. 102.583.622. Hal ini dikarenakan adanya perbedaan siklus/ frekuensi dan besarnya pemesanan yang dilakukan. Akibatnya terdapat biaya tambahan yang harus dikeluarkan.

Dari hasil perhitungan yang diperoleh dengan menggunakan metode EOQ *backorder* dapat dibuat suatu grafik hubungan ketiga biaya. Berikut adalah grafik hubungan ketiga biaya pada bahan baku pollard.



Gambar 4. Grafik Hubungan Ketiga Biaya Pollard

Dari Gambar 4. secara analitik dapat dideskripsikan kurva total biaya persediaan adalah suatu fungsi yang berbentuk parabola ke atas atau disebut fungsi konveks. Dimana dalam fungsi tersebut memiliki nilai minimum yang merupakan suatu titik kritis dengan derajat kemiringan garis singgungnya adalah nol. Dari titik ini diperoleh suatu titik paling optimal untuk jumlah persediaan. Jumlah persediaan bahan baku pollard paling optimal sebesar $Q_{pollard}^* = 66.117 \text{ kilogram}$. jumlah *backorder* yang paling optimal untuk bahan baku pollard sebesar $Q_s^* = 37.653 \text{ kilogram}$, dan jumlah persediaan maksimal diawal siklus sebesar $Q_{max}^* = 28.464 \text{ kilogram}$.

4. PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah

No.	Jenis Bahan Baku	Jumlah Pemesanan Optimal (kg)	Jumlah Backorder Optimal (kg)	Jumlah On Hand Inventory Optimal (kg)
1.	Pollard	66.117	37.653	28.464
2.	Katul	85.348	63.297	22.051
3.	Srontol/Gaplek	34.502	16.320	18.182
4.	Katul Kacang Ijo	33.954	15.478	18.476
5.	Sawit	69.667	47.149	22.518
6.	Kopra Pelet	38.903	14.708	24.195
7.	Kopra CIF	39.407	15.521	23.886

dilakukan dapat diambil kesimpulan :

1. Hasil dari penerapan metode EOQ *backorder* terhadap data bahan baku utama pakan ternak pada dua periode terakhir diperoleh : Tabel 11. Jumlah Persediaan Optimal
2. Perhitungan dengan menggunakan metode EOQ *backorder* diperoleh total biaya persediaan yang lebih kecil dari metode yang digunakan oleh perusahaan. Total biaya persediaan bahan baku utama pakan ternak menurut metode EOQ *backorder* sebesar Rp. 234.719.878. Sedangkan total biaya persediaan bahan baku utama pakan ternak menurut metode yang diterapkan perusahaan sebesar Rp. 337.303.500. Dari keduanya terdapat selisih sebesar Rp. 102.583.622. Hal ini dikarenakan adanya perbedaan siklus/frekuensi pemesanan yang dilakukan. Akibatnya terdapat biaya tambahan yang harus dikeluarkan.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan penulis memberikan beberapa saran sebagai berikut :

1. Untuk perusahaan dapat menerapkan metode EOQ *backorder* untuk menghitung total biaya persediaan bahan baku utama pakan ternak pada periode selanjutnya. Selain itu metode ini memberikan biaya yang lebih kecil dari metode yang telah diterapkan dengan frekuensi pemesanan yang optimal. Sehingga dapat menghemat biaya dan jumlah persediaan mencukupi untuk seluruh proses produksi.
2. Untuk penelitian selanjutnya jika menggunakan metode EOQ dapat mempertimbangkan aspek lain selain *backorder* dan sesuai dengan yang terjadi dilapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Chung, K., & Cárdenas-barrón, L. E. (2012). The complete solution procedure for the EOQ and EPQ inventory models with linear and fixed backorder costs. *Mathematical and Computer Modelling*, 55(11–12), 2151–2156.
<https://doi.org/10.1016/j.mcm.2011.12.051>
- EOQ Model. (2019). Diambil 4 Februari 2019, dari <http://mito.nuevodiario.co/eq-model/>
- Guga, E., & Musa, O. (2015). Inventory Management Through Eoq Model, *III*(12), 174–182.
- Herrera, C. A. A., Özdemir, D., & Cabrera-Ríos, M. (2014). Capacity Planning In a Telecommunications Network: A Case Study Capacity Planning In A Telecommunications Network: A Case. *Journal, The International Engineering, Industrial*, (May).
- Ionescu, C. A., Coman, M. D., Cucui, G., & Stanescu, S. G. (2018). Supply Cost Minimization Using Mathematical Models and Methods of Optimization, 2(2), 397–404.
- Ishak, A. (2010). *Manajemen Operasi* (edisi pertama). Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Karteeq, P. R., & Jyoti, K. (2014). Deterministic and Probabilistic models in Inventory Control, 2(3), 3100–3105.
- Kern, G. J. (2011). *Introduction to Probability and Statistics Using R* (Pertama). Diambil dari <https://archive.org/details/IPSUR/page/n1>
- Nasution, A. H., & Prasetyawan, Y. (2008). *Perencanaan dan Pengendalian Produksi* (edisi pertama.). Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Olyan, W., Aritonang, M., & Martha, S. (2018). Pengendalian Persediaan Bahan Baku Amplang “Along ” Dengan Model Economic Order Quantity. *Buletin Ilmiah Mat, Stat, dan Terapannya*, 7(4), 269–276.
- Rangkuti, F. (2007). *Manajemen Persediaan* (edisi kedua). Jakarta: PT.RajaGrafindo Persada.
- Ristono, A. (2013). *Manajemen Persediaan* (edisi pertama). Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Sibarani, E., & Bu, F. (2013). Penggunaan Metode EOQ Dan EPQ Persediaan Minyak Sawit Mentah (CPO) (Studi Kasus : PT . XYZ). *Sanitia Matematika*, 1(4), 337–347.
- Sudjana. (2005). *Metoda Statistika* (edisi keenam). Bandung: Tarsito.
- TaylorIII, B. W. (2005). *Intoduction to Management Science* (edisi kedelapan). Jakarta: Salemba Empat.
- Ursy, M. F., & Hammer, L. H. (1999). *Akuntansi Biaya, Perencanaan dan Pengendalian*. (W. K. Carter, Ed.) (edisi kesepuluh). Jakarta: Erlangga.
- Yamit, Z. (2008). *Manajemen Persediaan* (edisi keempat). Yogyakarta: Ekonisia.